УДК 556.42:577.4 (571.1)

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИОННОГО СТОКА В БАССЕЙНЕ СРЕДНЕЙ ОБИ

О.Г. Савичев

Томский политехнический университет
E-mail: OSavichev@mail.ru

Рассмотрены условия формирования ионного стока в бассейне Средней Оби. Приведены обобщенные количественные данные о среднемноголетних величинах поступления главных ионов в поверхностные воды из атмосферного воздуха, болот, со сточными водами предприятий и неорганизованным стоком с производственных площадей, дорог и территорий населенных пунктов, с водами р. Обь с участка ее верхнего течения и в результате взаимодействий в системе «вода – порода». Показано, что бóльшая часть ионного стока в бассейне Средней Оби формируется за счет действия природных факторов.

Введение

Ионный сток служит важным показателем функционирования природно-территориальных комплексов, характеризующим перемещение и трансформацию веществ и энергии в водосборных бассейнах, а знание условий формирования стока играет ключевую роль в процессе изучения современного состояния водных объектов и его изменений в будущем. В рассматриваемой работе данная проблема была изучена на примере водосбора Средней Оби в пределах Томской и Кемеровской областей. При этом, с учетом результатов исследований [1–3], основное внимание было уделено: 1) притоку вещества на рассматриваемую территорию с участка, расположенного выше по течению р. Обь; 2) поступлению веществ в водные объекты из атмосферного воздуха; 3) притоку веществ в речную сеть из болот; 4) сбросу сточных вод; 5) поступлению веществ из неорганизованных антропогенных источников; 6) изменению макрокомпонентного состава речных вод и ионного стока в результате взаимодействий в системе «вода – порода». Оценка поступлений макрокомпонентов (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-}) в водные объекты из различных источников проводилась с учетом методик, используемых в Министерстве природных ресурсов (МПР) России [4, 5], и рекомендаций, изложенных в [6–8] и ряде других работ. Более подробное описание последовательности и особенностей расчетов применительно к рассматриваемой территории приведено в работах [9–11]. Исходной информацией послужили опубликованные данные Росгидромета о величинах водного стока и выпавших атмосферных осадков, материалы Росгидромета, Томского политехнического университета (ТПУ), Территориального центра Томскгеомониторинг (ТЦ Томскгеомониторинг) и других организаций о содержании макрокомпонентов в поверхностных и атмосферных водах региона, сведения Администраций субъектов Российской Федерации и подразделений МПР в пределах Верхней и Средней Оби о сбросах сточных вод, площадях, занятых различными видами угодий [10–15 и др.].

Результаты исследований

Макрокомпонентный состав вод и ионный сток Верхней Оби. Макрокомпонентный состав вод и ионный сток Оби на участке г. Новосибирск – устье р. Томь определяют граничные условия распространения веществ с обскими водами на участке среднего течения реки (ионный сток определяется как произведение суммы макрокомпонентов Σи и величины водного стока; методика расчета и исходные данные приведена в [16]). Эти условия в целом характеризуются более высокой, чем в среднем течении р. Обь, минерализацией, но из-за разницы в водности суммарный ионный сток на границе верхнего и среднего течения реки значительно меньше стока у с. Александровское – соотношение ионного стока Верхней и Средней Оби в среднем составляет 64 % у г. Колпашево и 47 % у с. Александровское (табл. 1). Таким образом, около половины ионного стока Средней Оби формируется под влиянием природных и антропогенных факторов на ее водосборной территории, а остальная часть – на водосборе Верхней Оби.

Поступление веществ из атмосферы. Атмосфера представляет собой среду, в которой происходит интенсивный массообмен между водными объектами, сушей и воздушными массами, механизм которого исключительно сложен и многообразен. В данной работе выполнен анализ только тех аспектов этого обмена, которые непосредственно касаются поступления химических элементов и соединений из атмосферы в водные объекты путем выпадения твердых и жидких аэрозолей с атмосферными осадками и посредством «сухого» осаждения на поверхность водных объектов и их водосборов с

атмосферными осадками. Величина выпадения веществ из атмосферы $V_{АО}$ определялась в целом для территории бассейна Средней Оби как сумма выпадений за теплый и холодный периоды:

$$V_{АО}=W_{АО}\cdot(C_{дождь}\cdot 0{,}7+C_{снег}\cdot 0{,}3),$$

где $W_{АО}$ – объем атмосферных осадков, выпадающих в среднем за многолетний период на территории водосбора, км^3; $C_{дождь}$ и $C_{снег}$ – средняя по территории бассейна Средней Оби концентрация вещества в дождевых и снеговых водах, мг/дм^3; 0,7 и 0,3 – средние по региону доли атмосферных осадков, выпавших в теплый и холодный периоды года соответственно, определены согласно [12]. Величина $W_{АО}$ также принята по [12] как объем атмосферных осадков, выпадающих на участке от с. Дубровино до с. Александровское (329 км^3/год). Средние содержания макрокомпонентов получены в результате обобщения материалов ТПУ, ТЦ Томскгеомониторинг и ряда опубликованных источников [12, 17–28]. Выполненные расчеты показали, что на поверхность водосборного бассейна Средней Оби в среднем выпадает около 60 % макрокомпонентов от выноса с водами р. Обь у с. Александровское (табл. 2). Таким образом, можно сделать вывод, что поступление указанных веществ с атмосферными осадками и путем «сухого» осаждения играет весьма существенную роль в формировании ионного стока Средней Оби.

Таблица 1. *Среднемноголетний химический состав вод и гидрохимический сток р. Обь на границе участков верхнего и среднего течения и у с. Александровское*

Показатель	Среднее содержание, мг/дм^3		Суммарный сток, тыс. т/год	
	сс. Дубровино – Красный Яр	с. Александровское	сс. Дубровино – Красный Яр	с. Александровское
Ca^{2+}	35,8	25,9	1932,4	4082,6
Mg^{2+}	6,5	5,0	350,9	789,1
Na^{+}+K^{+}	8	7,3	431,8	1227,5
HCO_3^-	146,3	95,6	7896,9	15094,4
SO_4^{2-}	13,6	13,9	734,1	2181,6
Cl^-	2,9	3,0	156,5	487,0
Σи	213,1	150,7	11502,7	23862,2

При анализе атмосферных выпадений веществ закономерно возникает вопрос о соотношении их природной и антропогенной составляющих и влиянии антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на состояние водных объектов, имеющий важное значение при прогнозе состояния водных объектов. Его решению посвящено огромное количество работ, благодаря которым было показано, что в настоящее время в разных регионах мира наблюдается закисление поверхностных и подземных вод, проявляющееся в уменьшении pH, концентраций HCO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+} и смене геохимического типа вод (с гидрокарбонатного кальциевого на сульфатный натриевый) [29]. В бассейне Верхней Оби, по оценкам В.А. Шлычкова и П.Ю. Пушистова, расположенная в Казахстане Экибастузская ГРЭС обусловливает от 10 до 26 % выноса сульфатов в весенний период с водами р. Обь [30]. Можно предположить, что эти выводы, хотя бы частично, справедливы и для рассматриваемой территории. В то же время, нельзя не отметить, что имеющиеся данные не позволяют выделить статистически значимые тенденции изменения минерализации речных вод в последние 30 лет [11]. Следовательно, в течение этого периода либо влияние атмосферных загрязнений было примерно на одном уровне, либо существует мощный механизм его «нейтрализации», либо наблюдается и то, и другое.

Таблица 2. *Средние содержания в атмосферных осадках и величины выпадений макрокомпонентов из атмосферы на поверхность водосбора Средней Оби*

Показатель	Среднее содержание в атмосферных осадках (по данным [12, 17–28]), мг/дм^3		Выпадение из атмосферы путем «сухого» осаждения и с осадками, тыс. т/год		Выпадение за год, тыс. т/год
	дождь	снег	дождь	снег	
Ca^{2+}	3,1	5,4	1243,6	306,0	1549,6
Mg^{2+}	0,7	2,0	460,6	69,1	529,7
Na^{+}+K^{+}	2,6	3,2	737,0	256,6	993,6
HCO_3^-	12,1	29,1	6701,7	1194,3	7896,0
SO_4^{2-}	2,3	8,0	1842,4	227,0	2069,4
Cl^-	2,4	3,2	737,0	236,9	973,8
Σи	23,1	50,9	11722,3	2289,8	14012,1

Результаты изучения имеющейся информации свидетельствуют в пользу именно третьего предположения, что позволяет рассматривать поступление веществ в водные объекты из атмосферного воздуха в целом как природно-антропогенный фактор формирования ионного стока. Анализ опубликованных данных о состоянии атмосферного воздуха на территории городов бассейна Средней Оби показал, что в многолетнем изменении содержаний различных веществ часто прослеживаются взаимно противоположные тенденции, но общий химический состав приземных слоев атмосферы во многих случаях не претерпел существенных изменений за последние несколько десятилетий [31]. С учетом этих данных, материалов статистической отчетности по форме 2-тп (воздух) [14] и того, что основной промышленный потенциал региона сформировался в 1930–1960 гг. (на севере – в 1960–1970 гг.), можно предположить, что для периода 1970–2000-е гг. характерен условно постоянный уровень воздействия атмосферного загрязнения на водные объекты. Другим фактором относительной стабильности химического состава природных вод региона является поддержание равновесия глобальной карбонатной системы в результате обмена CO_2 между атмосферой и водами, био- и геохимических процессов, обеспечивающее в многолетнем разрезе стабильный уровень содержания в поверхностных водах иона HCO_3^-, который в значительной мере и определяет минерализацию речных вод [1].

Поступление веществ из болот. Равнинная часть территории бассейна Средней Оби характеризуется высокой заболоченностью, являющейся мощным фактором формирования химического состава природных вод региона, что обусловливает необходимость специального рассмотрения вопросов влияния болот на ионный сток. Для решения этой задачи была получена обобщенная гидрохимическая характеристика болотных вод с учетом наиболее распространенных болотных микроландшафтов и антропогенной нагрузки на болота, проведено сопоставление химического состава болотных, речных и подземных вод равнинной части рассматриваемой территории и установлены линейные зависимости между основными гидрохимическими показателями и характеристиками заболоченности водосборов (табл. 3). Используя эти зависимости, было ориентировочно оценено изменение ионного стока с равнинной территории бассейна Средней Оби (табл. 4). Проведенные расчеты показали, что заболоченность рассматриваемой территории обусловливает снижение ионного стока на 7 % (16,7 т/(год·км^2)). Учитывая, что воздействие хозяйственной деятельности на химический состав болотных вод проявляется пока лишь на локальных участках [28], целесообразно рассматривать болота в основном как природный фактор формирования ионного стока.

Таблица 3. *Параметры линейной зависимости* между значениями модуля водного стока M_Q, величинами $\Sigma и$, общей заболоченностью водосбора $F_{бол.}$ (% от площади водосбора) и долей в ее структуре верховых болот $f_{вб}$ (% от площади болот)*

Показатель	M_Q	$\Sigma и$
Коэффициент регрессии a_1 для $F_{бол.}$	−0,164±0,022	5,956±2,369
Коэффициент регрессии a_2 для $f_{вб}$	0,123±0,015	−6,301±1,576
Константа a_0	6,282±0,698	198,013±75,3
Критерий качества S/σ	0,26	0,53

** – зависимости $Y=a_1 \cdot F_{бол.}+a_2 \cdot f_{вб}+a_0$ (где Y – M_Q или $\Sigma и$) получены для рр. Кеть, Пайдугина, Тым, Кенга, Чузик, Бакчар, Андарма, Инса, Парбиг, Шегарка; значения $f_{вб}$ определены по карте торфяных месторождений Западной Сибири [32]*

Таблица 4. *Средние значения гидрохимических показателей рр. Кеть, Пайдугина, Тым, Кенга, Чузик, Бакчар, Андарма, Икса, Парбиг, Шегарка в настоящее время и в предположении отсутствия болот на водосборных территориях ($\Sigma и=a_0$)*

Показатель	Значение	Величина
$\Sigma и$, мг/дм^3	наблюдаемое, вычисленное в отсутствие болот	227,9 198,0
Ионный сток, тыс. т/год	наблюдаемое, вычисленное в отсутствие болот	239,0 442,7

Сброс сточных вод. Реки обского бассейна достаточно интенсивно используются для отведения сточных вод (табл. 5). Вместе с ними в водные объекты поступает значительное количество различных веществ, среди которых преобладают минеральные соли (в пределах Томской и Кемеровской областей – 463,9 тыс. т/год). В целях оценки влияния сбросов сточных вод на состояние рек были проведены расчеты изменения величины $\Sigma и$ на примере рр. Томь и Обь по методу Фролова-Родзиллера [4]. Анализ полученных результатов показал, что влияние сосредоточенных выпусков сточных вод на состояние р. Обь на участке ее среднего течения даже в наиболее неблагоприятный зимний период обычно проявляется в пределах ближайших десятков и сотен метров от водовыпусков [11]. Более заметное воздействие сбросов на химический состав речных вод и гидрохимический сток установлено для р. Томь, прежде всего у гг. Новокузнецк, Кемерово, Томск и Северск [9, 11]. При этом следует отметить, что сопоставление результатов вычислений с данными наблюдений позволило выявить заметные отличия между измеренными и расчетными величинами, которые можно интерпретировать как подтверждение вывода о наличии механизма регулирования минерализации речных вод, в том числе определяемого взаимодействиями в системе «вода – порода» [33].

Таблица 5. *Количество веществ, сбрасываемых в водные объекты бассейна Верхней и Средней Оби со сточными водами предприятий в среднем за 1995–1996 гг. [13], тыс. т/год*

Показатель	Алтайский край	Новосибирская область	Кемеровская область	Томская область
Минеральные вещества по сухому остатку	57,2	92,0	405,8	58,0
SO_4^{2-}	7,0	12,6	81,5	7,3
Cl^-	7,9	18,9	41,7	6,1
Mg^{2+}	–	–	3,8	1,0

Неорганизованное антропогенное поступление веществ в водные объекты. Масса веществ, поступающих в реки бассейна Средней Оби с территорий населенных пунктов, дорог и производственных площадей, определялась согласно [5] как сумма поступлений веществ с талым и дождевым стоком. При этом сведения о концентрациях веществ приняты по указанному выше нормативному документу, а прочие параметры – по материалам Росгидромета, подразделений МПР России и Администрации Томской области. Анализ результатов выполненных расчетов показал, что неорганизованное антропогенное поступление макрокомпонентов только на территории Томской области составляет, тыс. т/год: Ca^{2+} – 58,7; Mg^{2+} – 7,5; SO_4^{2-} – 250,8; Cl^- – 742,3. Очевидно, что данный фактор, по крайней мере, на отдельных участках рек в бассейне Средней Оби вблизи населенных пунктов должен оказывать заметное влияние на ионный сток, причем в значительно большей степени, чем сброс со сточными водами по контролируемым водовыпускам (табл. 5).

Взаимодействия в системе «вода – порода». По мнению многих исследователей, взаимодействия вод с водовмещающими и подстилающими горны-

ми породами, донными отложениями, речными наносами и донными отложениями играют очень важную роль в формировании химического состава подземных и поверхностных вод и гидрохимического стока [1–3]. Обобщение имеющейся информации показало, что воды рек бассейна Средней Оби на всем их протяжении и в течение всего года способны активно взаимодействовать с донными отложениями, в том числе и в местах поступления сточных вод. С учетом результатов расчетов насыщенности речных вод относительно ряда минералов и отсутствия четко выраженных тенденций увеличения минерализации воды по мере нарастания антропогенной нагрузки можно сделать вывод о том, что рост концентраций растворенных неорганических веществ в водах рек-приемников сточных вод в определенной степени ограничивается относительно низкой растворимостью некоторых соединений макрокомпонентов. Поэтому увеличение минерализации и концентраций ионов Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, K^+ в случае роста сбросов сточных вод в ближайшие годы при неизменных гидроклиматических условиях в бассейне Средней Оби представляется маловероятным [33].

Оценка выноса веществ в результате взаимодействия воды и горных пород с помощью традиционно использующихся термодинамических методов сопряжена с принятием целого ряда допущений и при весьма значительных затратах времени не приводит к адекватному увеличению достоверности результатов расчетов. По этой причине оценка взаимодействий в системе «вода-порода» на ионный сток была приближенно решена более простым способом в предположении, что масса неорганических солей, не поступающая в речную сеть в результате заболачивания земель, соответствует минимальному значению выноса веществ $G_{в\text{-}п}$ при этих взаимодействиях. Тогда искомое решение для рассматриваемой территории может быть получено в зависимости от интенсивности водообмена из пропорций: 1) в отсутствие болот $G_{в\text{-}п}$ 1586,3 тыс. т/год при модуле водного стока M_Q=6,28 л/(с·км^2); 2) для водосбора р. Обь на участке г. Колпашево – с. Александровское M_Q=5,32 л/(с·км^2); $G_{в\text{-}п}$=1586,3·5,32/6,28= =1343,8 тыс. т/год; 3) для водосборов рр. Томь и Чулым M_Q=9,65 л/(с·км^2); тогда $G_{в\text{-}п}$=1586,3·9,65/6,28= =2437,5 тыс. т/год, а для всей рассматриваемой территории $G_{в\text{-}п}$=1343,8+2437,5=3781,3 тыс. т/год. Таким образом, отношение выноса главных ионов в результате взаимодействия воды и горных пород к ионному стоку, формирующемуся в бассейне Средней Оби (разница ионного стока р. Обь у с. Александровское и на границе Томской и Новосибирской областей 12359,6 тыс. т/год), составляет не менее 30 %.

Заключение

Выполненные расчеты поступления веществ в водные объекты имеют весьма приближенный характер, но, тем не менее, позволяют получить общую картину условий формирования ионного стока и выделить наиболее важные из них. Прежде всего, следует отметить выпадение веществ из атмосферы. Можно предположить, что бóльшая часть этого потока связана с переносом океанических солей и ветровой эрозией водосборной, прилегающей к ней и более отдаленных территорий. Значительный вклад в формирование ионного стока в бассейне Средней Оби вносит поступление в речные и грунтовые воды веществ в результате взаимодействий в системе «вода – порода». Причем, если оценка атмосферных выпадений характеризует поток вещества в целом для рассматриваемой территории, то масса макрокомпонентов 3781,3 тыс. т/год, формирующаяся при взаимодействии горных пород с водой, соотносится непосредственно с ионным стоком. То же самое относится и к выносу веществ из болот, роль которых заключается не только в увеличении или снижении выноса тех или иных веществ, но и в формировании геохимической среды в целом. Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о том, что бльшая часть ионного стока в бассейне Средней Оби формируется в результате действия природных факторов. Антропогенное влияние в наибольшей степени проявляется в выносе с речными водами ионов Na^+, SO_4^{2-}, Cl^- и связано, прежде всего, с выпадением веществ из загрязненного атмосферного воздуха, их неорганизованным поступлением с территорий населенных пунктов, дорог и производственных площадей, а также в результате сбросов сточных вод по контролируемым водовыпускам.

Работа выполнена при поддержке интеграционного проекта СО РАН № 167, грантов «Университеты России» и Минпромнауки РФ № НШ-1566.2003.05.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 444 с.
2. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2 изд-е. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
3. Зверев В.П. Массопотоки подземной гидросферы. – М.: Наука, 1999. – 97 с.
4. Методика расчета предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ в водные объекты со сточными водами. – Харьков: ВНИИВО, 1990. – 109 с.
5. Методические указания по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты. – М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1998. – 28 с.
6. Работа речных потоков / Под ред. Р.С. Чалова. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 194 с.
7. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 391 с.
8. Михайлов С.А. Диффузное загрязнение водных экосистем. Методы оценки и математические модели: Аналитический обзор / СО РАН. ГПНТБ. Ин-т водных и эколог. проблем. – Барнаул: День, 2000. – 130 с.
9. Савичев О.Г. Поступление антропогенных веществ в воды р. Томь // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 6. – С. 31–33.
10. Савичев О.Г. Антропогенное поступление железа и органических веществ в речные воды бассейна Средней Оби в пределах Томской области // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т. 305. – № 6. – С. 405–414.
11. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, использование и охрана. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2003. – 202 с.
12. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т. 15. – Вып. 2. Алтай и Западная Сибирь. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 408 с.
13. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведения водоохранных мероприятий по территории деятельности Западно-Сибирского УГМС за 1996 год. – Ч. II. – Новосибирск: Западно-Сибирский территориальный центр по мониторингу загрязнения окружающей среды, 1997. – 32 с.
14. Экологический мониторинг. Состояние окружающей природной среды Томской области в 2001 году / Под ред. А.М. Адама. – Томск: Дельтаплан, 2002. – 138 с.
15. Состояние поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Томской области в 2002 г. Вып. 5 / Под ред. В.А. Льготина, Ю.В. Макушина. – Томск: ТЦ Томскгеомониторинг, 2003. – 84 с.
16. Савичев О.Г. Тенденции и возможные причины многолетних изменений ионного стока рек в бассейне Средней Оби // Фундаментальные проблемы современной гидрогеохимии: Труды Междунар. научн. конф. – Томск: Изд-во НТЛ, 2004. – С. 308–313.
17. Рассказов Н.М., Удодов П.А., Назаров А.Д., Емельянова Т.Я. Болотные воды Томской области // Известия Томского политехнического института. – 1975. – Т. 297. – С. 102–117.
18. Рогов Г.М., Попов В.К. Гидрогеология и катагенез пород Кузбасса. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1985. – 192 с.
19. Воробьева А.И., Медведев М.А., Волкотруб Л.П., Васильев Н.В. Атмосферные загрязнения Томска и их влияние на здоровье населения. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1992. – 192 с.
20. Покатилов Ю.Г. Биогеохимия биосферы и медико-биологические проблемы. – Новосибирск: Наука, 1993. – 168 с.
21. Экология Северного промышленного узла г. Томска. Проблемы и решения / Под ред. А.М. Адама. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1994. – 260 с.
22. Казанцев В.А. Проблемы педалогенеза на примере Барабинской равнины. – Новосибирск: Наука, 1998. – 280 с.
23. Инишева Л.И., Инишев Н.Г. Элементы водного баланса и гидрохимическая характеристика олиготрофных болот южно-таежной подзоны Западной Сибири // Водные ресурсы. – 2001. – № 4. – С. 410–417.
24. Состояние геологической среды на территории Томской области в 2001 г. Вып. 7 / Под ред. В.А. Льготина. – Томск: ТЦ Томскгеомониторинг, 2002. – 134 с.
25. Колоколова О.В. Геохимия подземных вод района Томского водозабора: Автореф. дис. ... к.г.-м.н. – Томск: ТФ ИГНГ СО РАН, 2003. – 21 с.
26. Семина Т.А., Иванов А.О. Геохимические особенности покрова г. Томска и его окрестностей // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири: Труды Всерос. научн. конф. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2003. – С. 114–117.
27. Шварцева Н.М., Манылова Л.С. Эколого-геохимическое состояние природных вод в пределах Академгородка г. Томска // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири: Труды Всерос. научн. конф. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2003. – С. 286–289.
28. Базанов В.А., Савичев О.Г., Волостнов Д.В. и др. Влияние шламовых амбаров на геохимическое состояние болотных экосистем в бассейне реки Васюган // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 2. – С. 72–75.
29. Злобина В.Л. Воздействие атмосферных осадков на закисление подземных вод: Автореф. дис. ... д.г.-м.н. – М.: ИВП РАН, 2002. – 49 с.
30. Шлычков В.А., Пушистов П.Ю. Оценка загрязнения бассейна Верхней Оби вследствие дальнего переноса соединений серы // Обской вестник. – 1997. – № 2–3. – С. 97–98.
31. Ровинский Ф.Я., Егоров В.И., Громов С.А. и др. Фоновое загрязнение природной среды на территории России. Современные тенденции многолетних изменений // Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. Пределы изменений. – М.: Наука, 2001. – С. 156–176.
32. Карта торфяных месторождений Западной Сибири масштаба 1:1000000 / Под ред. Р.Г. Матухина. – Новосибирск: СО РАН, 2000. – 33 с.
33. Савичев О.Г., Колоколова О.В., Жуковская Е.А. Состав и равновесие донных отложений р. Томи с речными водами // Геоэкология. – 2003. – № 2. – С. 108–119.